

# CLEVERE LIST GEGEN NEBEL UND FINSTERNIS

Ein Radarsystem am Flugzeug verbessert das Verkehrsmanagement im Ereignisfall

Von Dr.-Ing. Stefan V. Baumgartner

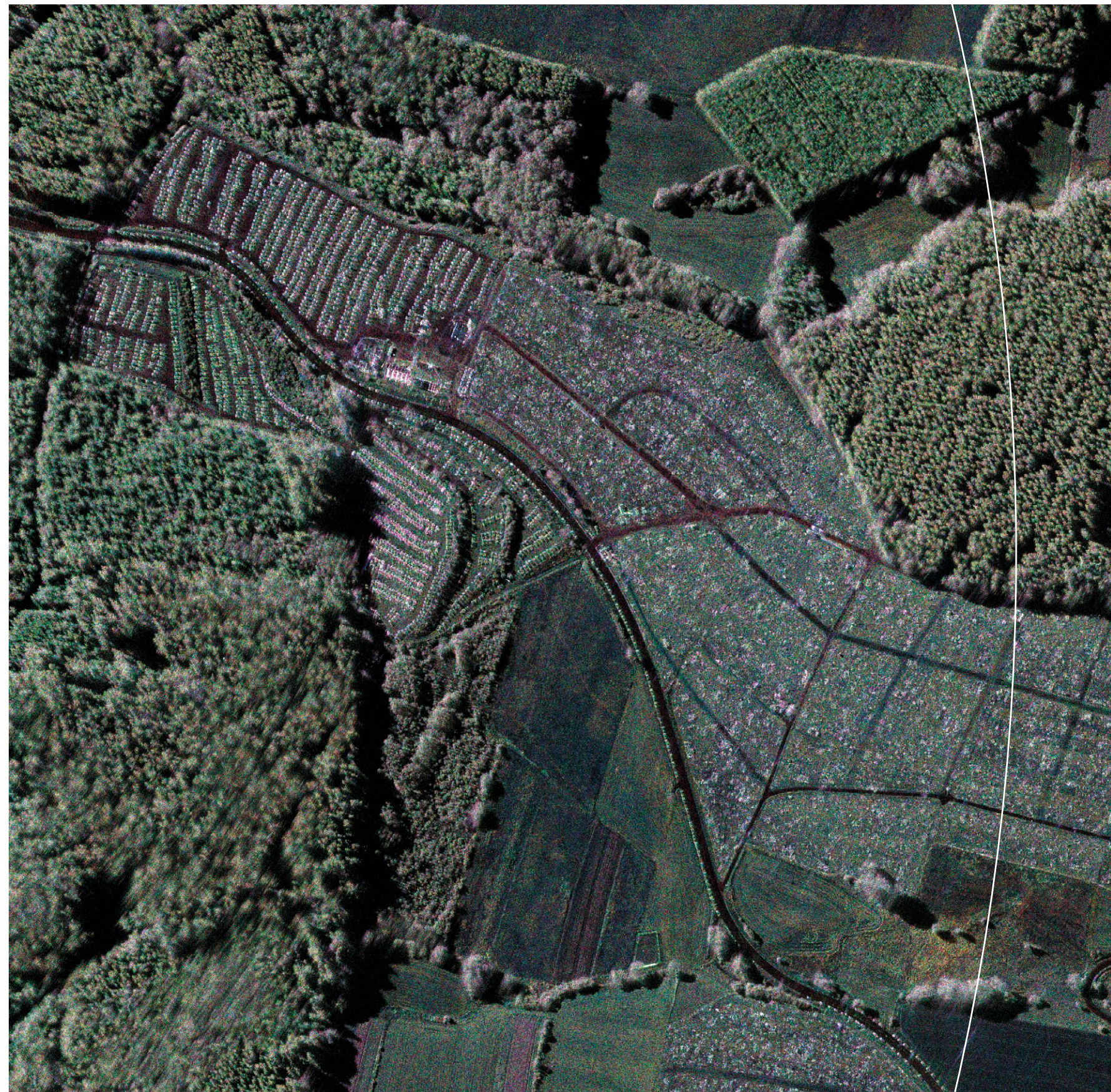
Dieser 14. Juni 2015 verdiente den Namen Sonntag nicht: Der Tiefdruckkomplex „Michel“ brachte Deutschland Gewitter mit Unwetterpotenzial. Bei einem Erdrutsch im Hochschwarzwald wurde der Wanderweg Schluchtensteig versperrt. Die Lage war unklar, der Wanderweg am Wochenende stets gut besucht. Einsatzkräfte und ein Rettungshubschrauber suchten das Gelände am Abend ab. „Noch nicht alle Autos wurden von den Parkplätzen abgeholt, es kann sein, dass noch jemand unterwegs ist“, sagte ein Polizeisprecher.

In Fällen wie diesen sind aussagekräftige Verkehrslagebilder wichtig, auch wenn Nebel oder Dämmerung die Sicht erschweren. Am DLR-Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme in Oberpfaffenhofen wird zurzeit ein neues flugzeuggetragenes Radarsystem entwickelt. Das unter dem Namen V-SAR geführte System ist speziell für das Verkehrs- und Katastrophenmanagement ausgelegt. Sein Ziel: Verkehrsinformationen aus Radardaten ableiten – das möglichst in Echtzeit – und innerhalb weniger Minuten hochaufgelöste Radarbilder bereitstellen. Dabei werden die Daten direkt im Flugzeug verarbeitet. Die Bilder und die Informationen über die detektierten Fahrzeuge werden dann über einen Datenlink an den Boden übermittelt. Dort können sie weiterverarbeitet und über entsprechende Portale den Einsatzkräften zur Verfügung gestellt werden. Der Erstflug des Radarsystems ist für Ende 2016 geplant. Dann soll es auf einem der DLR-Forschungsflugzeuge, der Dornier Do 228 mit der Kennung D-CFFU, beweisen, was es kann.

Für die großflächige Verkehrs- und Infrastrukturbeobachtung aus der Luft eignen sich generell sowohl optische Kameras wie auch Radar sehr gut. Beide Sensor-Arten haben ihre Vor- und Nachteile: Während mit Kameras bei gutem Wetter und guter Sicht Fahrzeuge recht gut detektiert werden können, spielt Radar vor allem bei Dunkelheit und schlechten Wetterverhältnissen seine Stärken aus. Als sogenannter aktiver Sensor beleuchtet Radar die zu beobachtende Szene am Boden mit Mikrowellen. Das neue Verkehrsradar arbeitet dabei im X-Band mit einer Wellenlänge von knapp drei Zentimetern. Niederschläge, starke Bewölkung oder Nebel dämpfen die ausgesendeten Signale und die vom Boden und den Fahrzeugen reflektierten Echos kaum, sodass der Radarsensor unabhängig von der Tageszeit und den vorherrschenden Wetterverhältnissen eingesetzt werden kann.

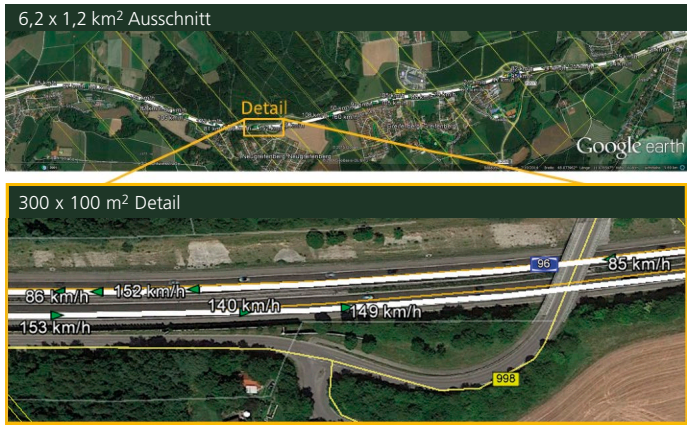
## Bilder von der Situation vor Ort

Das Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme beschäftigt sich bereits seit 2003 intensiv mit der Verkehrsbeobachtung mittels luft- und raumgestützten Radarsystemen. Es war in die DLR-Projekte TRAMRAD (Traffic Monitoring with Radar), ARGOS (Airborne Wide Area High Altitude Monitoring System) und VABENE (Verkehrsmanagement bei Großereignissen und Katastrophen) involviert. Nun entwickeln die Wissenschaftler im Rahmen von VABENE++ den neuen leistungsfähigen flugzeuggetragenen Radarsensor und die dazugehörigen Algorithmen, um die Verkehrsdaten

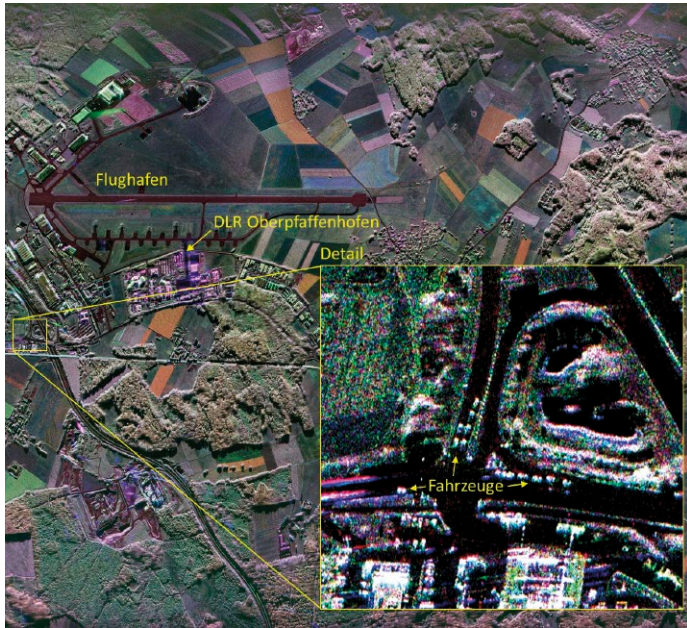


Vollpolarimetrisches Radarbild, das während des Open-Air-Festivals „Rock am Ring 2014“ in der Nähe des Nürburgrings aufgezeichnet wurde. Der etwa 800 mal 800 Meter große Ausschnitt zeigt ausgewiesene Park- und Campingflächen. Die Pixelgröße beträgt 20 Zentimeter, die Farben ergeben sich durch die unterschiedlichen Rückstreuungseigenschaften der Objekte in den verschiedenen Polarisierungen des Radarsignals. Im linken oberen Bereich des Bildes sind sehr gut die geparkten Fahrzeuge zu erkennen. Von der Bildmitte nach rechts unten verläuft der Campingbereich mit den Zelten.





Ergebnis einer Verkehrsbeobachtung mit zwei Empfangsantennen. Dargestellt ist ein Bereich der Autobahn A96 in der Nähe des Ammersees westlich von Oberpfaffenhofen. Die automatisch detektierten Fahrzeuge (farbige Dreiecke) sind einem optischen Google-Earth-Bild überlagert. Die gelben Rechtecke oben wie auch unten im Bild zeigen die räumlichen Abmessungen der Datenblöcke, die sukzessive vom Onboard-Prozessor verarbeitet werden. Die weißen Linien stellen die Straßenachsen der Autobahn A96 dar, die aus der frei zugänglichen OpenStreetMap-Datenbank extrahiert wurden.



Oberpfaffenhofen im Radarblick: Beispiel eines vollpolarimetrischen X-Band-Radarbildes. Es hat eine räumliche Auflösung von 25 mal 25 Zentimetern und wurde mit dem F-SAR-Sensor aufgenommen. Die Farben ergeben sich durch die unterschiedlichen Kombinationen der horizontal (H) und vertikal (V) polarisierten ausgesendeten und empfangenen elektromagnetischen Wellen (blau: VV-Polarisation; rot: HH-Polarisation; grün: HV-Polarisation). Der Detailausschnitt zeigt eine Straßenkreuzung mit mehreren stillstehenden Fahrzeugen, die auf die nächste Grünphase der Ampel warten.

zu extrahieren und die Bilder zu erzeugen. Die Leistungsfähigkeit von Radar für die großflächige Verkehrsbeobachtung aus der Luft konnte in den letzten Jahren schon demonstriert werden und auch die Datenübertragung vom Flugzeug zum Boden mittels kommerziellem Mikrowellenlink, handelsüblicher LTE-Mobilfunkverbindung (Long Term Evolution) und optischem Laserlink gelang.

Das neue Verkehrsradar kann im Betrieb auf der Do 228 pro Minute ein Gebiet von circa 5,4 mal 3 Quadratkilometern erfassen. Mit ihm sollen unterschiedliche Datenprodukte erzeugt werden, zum einen für das Katastrophenmanagement und zum anderen für das Verkehrsmanagement. Bei den Datenprodukten für den Katastrophenfall handelt es sich um hochaufgelöste vollpolarimetrische Radarbilder, bildgebend sind in diesem Fall also polarisierte elektromagnetische Wellen. Für das Katastrophenmanagement haben solche Bilder den Vorteil, dass sich mit hoher Genauigkeit sogenannte Überschwemmungsmasken ableiten lassen und Infrastrukturschäden erkannt werden können, wie beispielsweise zerstörte oder von Muren verschüttete Straßen. Auch lassen sich Freiflächen- und Parkplatzbelegungen ermitteln. Die räumliche Auflösung wird bei dem neuen Verkehrsradar besser als 25 mal 25 Zentimeter sein.

Damit so hohe Auflösungen erreicht werden können, nutzen die Wissenschaftler das Prinzip der Apertur-Synthese. Dabei wird durch die seitwärtsblickende Radarantenne eine sehr lange Antenne simuliert, mit der sich unabhängig von der Entfernung eine hohe räumliche Auflösung erzielen lässt. Für die Auflösung spielt es also keine Rolle, ob der Radarsensor in einer Höhe von drei Kilometern über Grund fliegt (das ist die typische Einsatzhöhe der Do 228) oder ob er beispielsweise in kompakterer Form auf einer Stratosphärenplattform mit 20 Kilometer Flughöhe zum Einsatz kommt. Die seitwärtsblickende Antenne bietet durch die Schrägsicht auch den Vorteil, dass Katastrophengebiete oder sonstige Gefahrengebiete nicht direkt überflogen werden müssen, sondern je nach Flughöhe in einem seitlichen Abstand von mehreren hundert Metern bis zu einigen Kilometern geflogen werden kann.

Bei der Datenverarbeitung im Flugzeug besteht auch die Möglichkeit, die Auflösung zu Gunsten einer schnelleren Verarbeitungszeit zu verändern. So kann zum Beispiel ein erstes Übersichtsbild mit einer Auflösung von 50 mal 50 Zentimetern bereits nach wenigen Minuten zur weiteren Auswertung an den Boden übermittelt werden, für ein detaillierteres Bild mit 25 mal 25 Zentimeter Auflösung muss man dann eine etwas längere Verarbeitungszeit einplanen.

#### Informationen über den fließenden Verkehr

Die zweite mit dem neuen Radarsystem erzeugte Produktart sind Verkehrsdaten. Obwohl mit Radar prinzipiell Bewegungen direkt anhand der Doppler-Frequenz sehr gut gemessen werden können, stellt gerade die Detektion von Fahrzeugen und die genaue Schätzung der Bewegungsparameter und geografischen Positionen eine große Herausforderung dar. Sich bewegende Fahrzeuge erscheinen in einem Radarbild nämlich aufgrund einer durch die Fahrtgeschwindigkeit zusätzlich verursachten Doppler-Frequenz-Verschiebung nicht auf den Straßen, sondern je nach Geschwindigkeit bis zu mehrere hundert Meter abseits davon. Die oft sehr schwachen Fahrzeugsignale werden zudem von den meist viel stärkeren Signalen der stillstehenden Umgebung überlagert. Damit die Fahrzeuge dennoch detektiert werden können, müssen die unerwünschten Signale der stillstehenden Umgebung, der sogenannte Clutter, effektiv unterdrückt werden. Um dies zu bewerkstelligen, ist zumindest eine zweite Empfangsantenne notwendig, die in Flugrichtung versetzt von der ersten angeordnet ist.

Beide Empfangsantennen sehen dann von derselben räumlichen Position dasselbe Gebiet am Boden zu leicht unterschiedlichen Zeitpunkten. Während dieser Zeitdifferenz verändert sich der Clutter im Allgemeinen nicht, sodass er durch geeignete Signalverarbeitungsmethoden unterdrückt werden kann. Im einfachsten Fall kann dies durch eine simple Subtraktion der von den beiden Antennen empfangenen Signale erfolgen. Wenn nur zwei Empfangsantennen zur Verfügung stehen, ist jedoch für eine genaue Positionsbestimmung der detektierten Fahrzeuge zusätzlich eine Straßendatenbank notwendig.

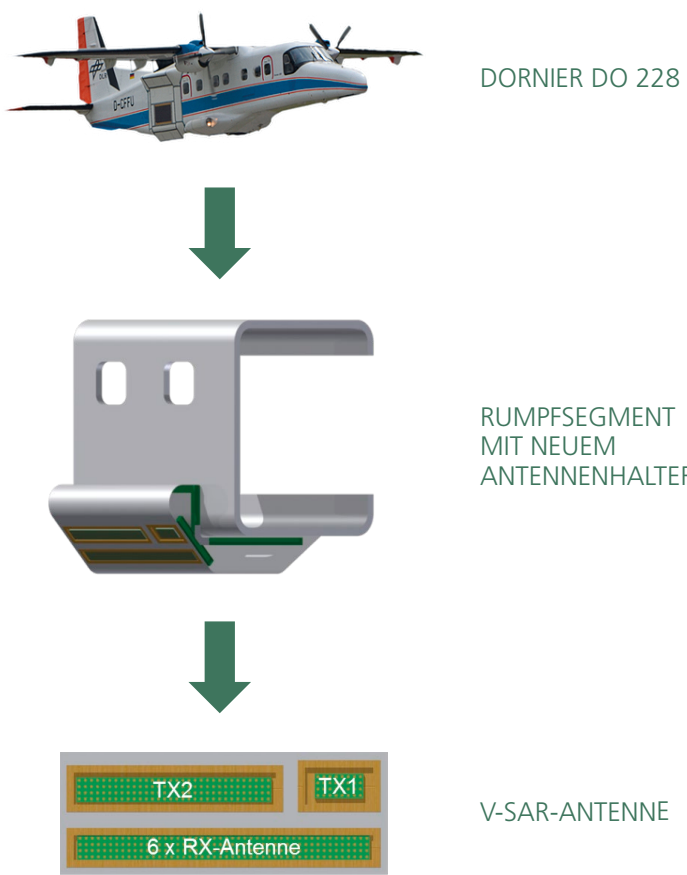


Ergebnis einer Verkehrsbeobachtung mit F-SAR und zwei Empfangsantennen. Dargestellt ist das Gebiet um Bernau am Chiemsee mit der Autobahn A8 rechts im Bild. Das optische Google-Earth-Bild ist mit einem etwa fünf mal drei Quadratkilometer großen, georeferenzierten Radarbild überlagert. Die automatisch detektierten Fahrzeuge sind als farbige Dreiecke dargestellt. Der Benutzer kann in Google Earth die Dreiecke anklicken, um sich weitere Informationen über die erfassten Fahrzeuge anzeigen zu lassen. Die weißen Linien sind die bei der Verarbeitung berücksichtigten Straßenachsen, die aus der frei zugänglichen OpenStreetMap-Datenbank extrahiert wurden.

Ein Problem beim Einsatz von nur zwei Empfangsantennen ist, dass die räumliche Richtung, aus der ein Signal kommt, nicht genau bestimmt werden kann. Das kann zu sogenannten Falschdetektionen führen. Um die Anzahl dieser Falschdetektionen deutlich zu verringern, sind mindestens drei Empfangsantennen nötig. Weitere Antennen verbessern die Leistungsfähigkeit noch. Die DLR-Forscher arbeiten für die Fahrzeugdetektion mit insgesamt sechs Empfangsantennen und zwei verschiedenen Sendeantennen. Deren Signale werden simultan mit Datenraten von bis zu 250 Megabyte pro Sekunde von jeder Empfangsantenne aufgezeichnet und direkt im Flugzeug durch den Prozessor an Bord verarbeitet. Durch die große Anzahl der Empfangsantennen werden sich die Fahrzeugdetektion und die Messgenauigkeit der Bewegungsparameter im Vergleich zu bisherigen Systemen erheblich verbessern. Fahrzeugpositionen können dann auch ohne Zuhilfenahme einer Straßendatenbank sehr genau festgestellt werden.

Das neue Radarsystem wird ein recht flexibles System sein. Es kann auch sehr gut für die Forschung an neuen Techniken und Algorithmen verwendet werden. Das fertige System wird – ohne Antenne – etwa 150 Kilogramm wiegen. Es kann somit nicht nur in der Do 228, sondern auch in kleineren Flugzeugtypen, wie beispielsweise einer Cessna, eingesetzt werden. Für einen Einsatz in kleinen UAVs (Unmanned Aerial Vehicles) wird es freilich noch zu schwer und zu groß sein. Die DLR-Wissenschaftler sehen es jedoch als wichtigen und notwendigen Zwischenschritt zu einem verkleinerten, kostengünstigen und leistungsfähigen Kompaktradarssystem an. Sie denken bereits an die nächste Generation von Radarsystemen, mit einer Gewichtsklasse zwischen fünf und 15 Kilogramm und mit einem geringen Bedarf an elektrischer Leistung. Diese Radargeneration kann dann tatsächlich auf Plattformen eingesetzt werden, die nur eine geringe Nutzlast erlauben und nur geringe elektrische Leistung zur Verfügung stellen können. Solche Plattformen sind zum Beispiel solarbetriebene „High Altitude Pseudo-Satellites“ (HAPS), die sich in der Stratosphäre in knapp 20 Kilometer Höhe bewegen und eine Einsatzdauer von mehreren Tagen bis Wochen haben.

**Stefan V. Baumgartner** ist wissenschaftlicher Mitarbeiter am Institut für Hochfrequenztechnik und Radarsysteme im DLR Oberpfaffenhofen.



Befestigung der V-SAR-Empfangs- und Sendeantennen am Flugzeugrumpfsegment der Do 228. Die Antenne TX1 dient der polarimetrischen Bildaufzeichnung und wird auch für den Empfang genutzt, die Sendeantenne TX2 und die 6 Empfangsantennen RX dienen ausschließlich der Verkehrsdatenextraktion.